

PHD 99127  
WS

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



11  
Jc921 U.S. PTO  
09/663594  
09/18/00

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 199 44 597.4

**Anmeldetag:** 16. September 1999

**Anmelder/Inhaber:** Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
Hamburg/DE

**Bezeichnung:** Redundantes Netzwerk mit mehreren Netzknoten  
und wenigstens einem Sternknoten

**IPC:** H 04 L, H 04 B

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 03. August 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Stiller*

Seller



## BESCHREIBUNG

Redundantes Netzwerk mit mehreren Netzknoten und wenigstens einem Sternknoten

Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit mehreren Netzknoten. Solche Netzwerke können beispielsweise in Kraftfahrzeugen, in der Industrieautomatisierung (z.B. Sensorsysteme) und Hausautomatisierung (z.B. Lichttechnik, Alarmanlagen, Heizungsanlage, Klimatechnik etc.) eingesetzt werden.

In einem solchen Netzwerk für die Kraftfahrzeugtechnik kann z.B. das aus der Zeitschrift „Elektronik“, Nr. 14, 1999, Seiten 36 bis 43 (Dr. Stefan Polenda, Georg Kroiss: „TTP: „Drive by Wire“ in greifbarer Nähe“) bekannte TTP-Protokoll (TTP = Time-Triggered Protocol) verwendet werden. Dieses Protokoll ermöglicht eine sichere Datenübertragung und kann daher auch in Netzwerken für sicherheitsrelevante Vorrichtungen (z.B. Bremsen) gebraucht werden. In dem erwähnten Artikel ist als Netzwerkstruktur ein Bussystem erwähnt.

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein anderes Netzwerk mit mehreren Netzknoten zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch ein Netzwerk der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass wenigstens ein Teil der Netzknoten über wenigstens einen Sternknoten direkt miteinander gekoppelt sind, dass der Sternknoten mehrere Sternschnittstellen enthält, die wenigstens einem Netzknoten zugeordnet sind, dass eine Sternschnittstelle jeweils in Abhängigkeit von einem Pilotsignal zur Weiterleitung einer Nachricht von dem zugeordneten Netzknoten zu den anderen Sternschnittstellen oder von einer anderen Sternschnittstelle zu wenigstens einem der zugeordneten Netzknoten vorgesehen ist, dass wenigstens einem Netzknoten mehr als eine Sternschnittstelle zugeordnet ist, von denen nur eine in Abhängigkeit vom Zustand des zugeordneten Netzknotens zum Weiterleiten von Nachrichten vorgesehen ist.

30

Die dieser Erfindung zugrundeliegende Idee ist die Steuerung eines Sternknotens mittels eines Pilotsignals, das von den Netzknoten erzeugt wird. Das Pilotsignal wird vor und nach einer Nachrichtübertragung so geändert, dass eine im Sternknoten enthaltene und einem

5 Netzknoten zugeordnete Sternschnittstelle erkennt, wenn der zugeordnete Netzknoten das Pilotsignal verändert. Im Sternknoten werden dann die anderen Sternschnittstellen so geschaltet, dass sie nur eine Nachricht von der Sternschnittstelle erhalten, die eine Nachricht von dem zugeordneten Netzknoten empfängt.

- 10 Durch die Sternschnittstellen wird ein korrekter Leitungsabschluss am Eingang einer Sternschnittstelle erreicht und mittels des Pilotsignals eine eindeutige Steuerung des Nachrichtenverkehrs ermöglicht.

Die Verwendung eines Pilotsignals zur Steuerung des Nachrichtenverkehrs ermöglicht das

15 wahlweise Hinzufügen redundanter Leitungsverbindungen derart, dass für jede zusätzliche Leitungsverbindung eine weitere Sternschnittstelle hinzugefügt wird. Darüber hinaus wird der Netzknoten für jede zusätzliche Leitungsverbindung um jeweils eine Schaltungs-  
komponente zur Sendung einer mit einem Pilotsignal kombinierten Nachricht und zum Empfang einer solchen Nachricht erweitert. Zur Fehlerfindung und zur Auswahl einer

20 Leitungsverbindung wird noch ein Steuerwerk benötigt.

Eine Leitungsverbindung kann beispielsweise bei symmetrischer Signalübertragung ein Leitungspaar sein.

- 25 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Fig. näher erläutert.  
Es zeigen:

- Fig. 1 ein Netzwerk in Sternstruktur mit mehreren Netzknoten, die über einen aktiven Sternknoten gekoppelt sind,
- 30 Fig. 2 eine erste Ausführungsform einer Sternschnittstelle in einem Sternknoten,
- Fig. 3 eine erste Ausführungsform eines ersten Sternknotens,
- Fig. 4 einen Teil eines Netzknotens mit einem Pilotsignalgenerator,

- Fig. 5 ein Teil eines Zeitverlaufs zweier Signale im Netzwerk,  
Fig. 6 eine zweite Ausführungsform einer Sternschnittstelle in einem Sternknoten,  
Fig. 7 eine zweite Ausführungsform eines ersten Sternknotens,  
Fig. 8 eine Ausführungsform des Netzwerks mit zusätzlichen redundanten  
5 Komponenten und  
Fig. 9 eine weitere Ausführungsform eines Teil eines Netzknotens mit zwei  
Pilotsignalgeneratoren, -detektoren und einem Steuerwerk.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Netzwerks ist in Fig. 1 dargestellt. Dieses  
10 Netzwerk enthält beispielsweise vier Netzknoten 1 bis 4, die jeweils über verdrehte, für eine  
symmetrische Signalübertragung vorgesehene Leitungspaare 5 bis 8 (twisted-pair) miteinander  
über einen aktiven Sternknoten 9 gekoppelt sind. Der aktive Sternknoten 9 führt  
eine Leitungsanpassung durch, so dass die Leitungspaare 5 bis 8 im aktiven Sternknoten 9  
mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen sind, und detektiert ein von einem Netzknoten 1  
15 bis 4 ausgesendetes Pilotsignal. Wenn die Leitungspaare 5 bis 8 ohne aktiven Sternknoten  
9 miteinander verbunden wären, entstände für jedes Leitungspaar im Sternpunkt eine  
Fehlanpassung durch den Impedanzsprung von  $Z_0$  auf  $1/3 Z_0$ , die durch die Parallelschaltung  
der jeweils anderen Leitungspaare verursacht wird. Zur Erzeugung eines  
Pilotsignals enthält noch jeder Netzknoten 1 bis 4 einen Pilotsignalgenerator.

20

Der aktive Sternknoten 9 enthält für jedes Leitungspaar 5 bis 8 eine Sternschnittstelle, die  
eine Weiterleitung der Nachrichten eines sendenden Netzknotens zu allen anderen am  
aktiven Stern angeschlossenen Netzknoten ermöglicht. Ein Ausführungsbeispiel einer  
solchen Sternschnittstelle ist in Fig. 2 gezeigt. Ein Leitungspaar 5 bis 8 ist mit den  
25 Eingängen eines schaltbaren Verstärkers 10, mit den Ausgängen eines weiteren schaltbaren  
Verstärkers 11, mit einem Pilotsignaldetektor 12 und mit einem Abschlusswiderstand 13  
verbunden. Der Wert des Abschlusswiderstandes 13 entspricht dem Wellenwiderstand und  
dient damit zum korrekten Leitungsabschluss. Wenn der Pilotsignaldetektor 12 ein  
Pilotsignal detektiert, erzeugt dieser ein Freigabesignal, welches zu einem Schalteingang 14  
30 des schaltbaren Verstärkers 10, zu einem invertierenden Eingang eines UND-Gatters 15  
und über einen Verstärker 17 und eine Leitung 18 zu einem ODER-Gatter 23 (Fig. 3)  
geführt wird. Wenn der schaltbare Verstärker 10 freigegeben ist, liefert dieser Daten zu

einer zu einem Verknüpfungspunkt führenden Datenleitung 19. Von dieser Datenleitung 19 werden auch Daten von den anderen Sternschnittstellen empfangen und über den schaltbaren Verstärker 11 zu dem zugeordneten Leitungspaar geleitet. Über eine Leitung 20 wird noch dem nichtinvertierenden Eingang des UND-Gatters 15 ein Freigabesignal  
5 über das ODER-Gatter 23 (Fig. 3) von einer anderen Sternschnittstelle geliefert. Der nichtinvertierende Ausgang des UND-Gatters 15 ist mit einem Schalteingang 21 des schaltbaren Verstärkers 11 sowie über einen Inverter 16 mit einem Freigabeeingang 22 des Pilotsignaldetektors verbunden.

- 10 Ein schaltbarer Verstärker 10 oder 11 kann auch als Reihenschaltung aus Verstärker und Schalter (Schaltelement) ausgeführt werden. Im geschlossenen Zustand dieses Schalters wird das Ausgangssignal des Verstärkers weitergeleitet.

Der Pilotsignaldetektor überprüft, ob der zugeordnete Netzknoten durch Aussenden des  
15 Pilotsignals zeigt, dass er Nachrichten bzw. Daten übertragen wird. Ist dies der Fall, wird der Verstärker 11 deaktiviert (im allgemeinen wird er bereits in diesem Zustand sein) und der Verstärker 10 aktiviert bzw. freigegeben. Das von dem zugeordneten Leitungspaar kommende Nachrichtensignal wird zur Leitung 19 geführt und damit an die anderen Sternschnittstellen weitergegeben. Zusätzlich wird durch das vom Pilotsignaldetektor 12  
20 erzeugte Freigabesignal den anderen Sternschnittstellen signalisiert, dass sie ihrerseits ihren Verstärker 11 aktivieren oder freigegeben sollen, um die Nachrichten an die jeweiligen zugeordneten Netzknoten weiterzuleiten.

Wie in Fig. 3 dargestellt, werden die Leitungen 18 aller Sternschnittstellen in dem ODER-  
25 Gatter 23 verknüpft. Weiter zeigt Fig. 3 vier Sternschnittstellen 24 bis 27, die jeweils mit den Leitungsparen 5 bis 8 gekoppelt sind. Der Ausgang des ODER-Gatters 23 ist mit den Leitungen 20 (Fig. 2) jeder Sternschnittstelle 24 bis 27 verbunden. Die Leitungen 19 (Fig. 2) jeder Sternschnittstelle 24 bis 27 sind miteinander über einen Schaltungsknoten 28 verknüpft.

30

Um zu verhindern, dass ein von einem Leitungspaar 5 bis 8 kommendes Signal in dasselbe wieder zurückgespeist wird, wird über den invertierenden Eingang des UND-Gatters 15

der Verstärker 11 deaktiviert oder abgeschaltet. Um andererseits zu verhindern, dass der einem anderen Netzknoten zugeordnete Pilotsignaldetektor seinerseits seinen Verstärker 10 aktiviert, wird das über die Leitung 20 (Fig. 2) transportierte Freigabesignal über UND-Gatter 15 und Inverter 16 zur Unterdrückung des Freigabesignals für den Pilotsignaldetektor 12 verwendet. Damit wird auch der Verstärker 10 über seinen Schalteingang 14 abgeschaltet oder deaktiviert. Der Pilotsignaldetektor 12, dessen Pilotsignal bewirkt, dass die zugeordnete Sternschnittstelle Daten empfängt oder empfangen soll, bleibt allerdings weiterhin aktiv, um das Ende der Datenübertragung erkennen zu können.

- 10 Zur einwandfreien Funktion des aktiven Sternknotens 9 ist es erforderlich, dass die Netzknoten 1 bis 4 ihre Nachrichten zeitlich nicht-überlappend versenden. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass für die Dauer einer gewissen Totzeit kein Netzknoten aktiv ist oder Nachrichten bzw. Daten sendet. In diesem Zustand wird der Sternknoten völlig undurchlässig geschaltet (d.h. alle Verstärker 10 und 11 sind
- 15 deaktiviert). In diesem Zustand wartet eine Sternschnittstelle 24 bis 27 in dem Sternknoten 9 auf ein neues Pilotsignal, mit dem ein Übertragungswunsch von Nachrichten angegeben wird.

- Grundsätzlich gilt, dass das Pilotsignal immer vor dem Beginn der tatsächlichen
- 20 Nachrichtenübertragung ausgesendet werden muss. Nur dann ist sichergestellt, dass der aktive Sternknoten 9 rechtzeitig konfiguriert wird und auch der Beginn der Nachricht alle anderen Netzknoten erreicht.

- In Fig. 4 ist dargestellt, auf welche Weise das Pilotsignal in einem Netzknoten 1 bis 4
- 25 erzeugt und über ein Leitungspaar 5 bis 8 übertragen wird. Wenn ein Netzknoten eine Nachricht oder Daten zu anderen Netzknoten senden möchte, erhält ein Pilotsignalgenerator 29 über eine Leitung 30 beispielsweise ein Startsignal. Der Pilotsignalgenerator 29 liefert dann ein Pilotsignal zu einem Multiplexer 31, dem noch von einer Leitung 32 zu sendende Daten zugeführt werden. Das von dem Multiplexer 31 abgegebene Signal wird
- 30 über einen Verstärker 33 auf das zugeordnete Leitungspaar gegeben. Ein von einem anderen Netzknoten stammendes Signal wird von dem Leitungspaar über einen Verstärker 34 auf eine Leitung 35 zur weiteren Verarbeitung geführt.

Der in Fig. 4 gezeigte Multiplexer kann dabei sowohl als zeitlicher Multiplexer (Senden des Pilotsignals als Start- und Stoppsignal jeweils vor und nach der eigentlichen Nachricht) oder als Frequenzmultiplexer ausgestaltet sein. Das bedeutet, dass das Pilotsignal entweder als

5 ein andauerndes Signal die gesamte zu übertragene Nachricht begleiten kann oder dass es in Form eines Start- und Stoppsignals ausgesendet werden kann. Dabei kann z.B. durch unterschiedliche Dauer sichergestellt werden, dass das Start- und Stoppsignal sich hinreichend unterscheiden und der Wechsel zwischen Übertragungszeitraum und Übertragungspause nicht verwechselt wird.

10

Das Pilotsignal kann auf verschiedene Weisen erzeugt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, dass es ein periodisches Signal sein kann, dessen Frequenzbereich außerhalb des für die Übertragung der Nachrichten genutzten Frequenzbereiches liegt. Dieser Frequenzbereich kann ober- oder unterhalb des Nutzfrequenzbandes liegen, aber auch bei

15 entsprechender Spezifikation des Nutzbandes aufgrund der schmalbandigen Natur des Pilotsignals in „Lücken“ des Nutzfrequenzbandes. Eine weitere Möglichkeit ist, die eigentliche Nachricht als symmetrisches Gegentaktsignal und das Pilotsignal als Gleichtaktsignal zu übertragen. Das Gleichtaktsignal kann sowohl in Form einer konstanten Spannung als auch in Form eines periodischen Signals gestaltet werden. Eine

20 dritte Möglichkeit für das Pilotsignal ist, dass dieses in Form der Nachrichtentübertragung voran- und nachgestellter, spezieller Symbole realisiert wird.

Die vorgeschlagene Erfindung eignet sich besonders gut für die Anwendung in Netzwerken, die nach dem TTP-Protokoll für eine Echtzeit-Kommunikation beispielsweise im

25 Kraftfahrzeug arbeiten (vgl. Elektronik Heft 14/1999: „TTP: „Drive by Wire“ in greifbarer Nähe“, Seiten 36 bis 43). Bei diesem Protokoll ist zum einen festgelegt, wann welcher Sender mit Hilfe des konfliktfreien TDMA-Zugriffsverfahren (TDMA = Time Division Multiple Access) senden darf, und zum anderen ist eine Totzeit (Interframegap) definiert, in der kein Sender senden darf. Durch diesen Mechanismus ist unmittelbar

30 gewährleistet, dass der aktive Sternknoten 9 immer wieder in den Ruhezustand zurückgeht. Es ist also mit dem TDMA-Verfahren gewährleistet, dass immer nur ein Netzknoten zu einer vorbestimmten Zeit eine Nachricht versenden darf und dazu mittels des von ihm

ausgesendeten Pilotsignals im Sternknoten die ihm zugeordnete Sternschnittstelle zur Weiterleitung von Nachrichten aktiviert oder veranlasst.

- Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass zur Ansteuerung des sogenannten Bus-Wächters (bus guardian) ein Steuersignal im Netzwerknoten vorliegen muss, das zeitlich kurz vor dem Beginn der Nachrichtenübertragung liegt. Dieses Steuersignal kann unmittelbar zur Ansteuerung des Pilotsignalgenerators 29 verwendet werden, indem dieses Steuersignal auf der Leitung 30 dem Pilotsignalgenerator 29 zugeführt wird.
- 10 In Fig. 5 ist dieses Steuersignal mit BG und die eigentliche Nachricht mit data gekennzeichnet. Das Steuersignal BG ist während der Aussendung einer Nachricht beispielsweise in einem niedrigen Zustand. Während dieses niedrigen Zustandes des Steuersignals soll die Nachricht übertragen werden. Ein erster Zeitraum T1 nach einem Wechsel des Steuersignals in den niedrigen Zustand und ein zweiter Zeitraum T2 vor einem Wechsel
- 15 des Steuersignals in den hohen Zustand müssen dabei so gewählt werden, dass der aktive Sternknoten 9 korrekt konfiguriert ist und bleibt, um eine Nachricht fehlerlos übertragen zu können. Es bleibt noch zu erwähnen, dass das TTP-Protokoll unterschiedliche (konstante) Nachrichtenverzögerungszeiten zwischen verschiedenen Netzknoten im Netzwerk unterstützt. Damit verstößt die durch den aktiven Sternknoten 9 hervorgerufene
- 20 Verzögerungszeit nicht gegen das TTP-Protokoll.

- Das erfindungsgemäße Netzwerk ermöglicht die Aussendung eines Pilotsignals mit jeder Art von Signalübertragung für die Nachrichten von einem Netzknoten 1 bis 4. Beispielsweise kann für die Nachrichtenübertragung eine symmetrische Gegentak-
- 25 übertragung, Einzelleiterübertragung oder trägerfrequenzmodulierte Übertragung gewählt werden. Bei gleichtaktmäßiger Kopplung der Leitungspaare 5 bis 8 könnte ggf. auch mit der Nachrichtenübertragung eine Versorgungsspannung übertragen werden.

- Anstelle des in der Fig. 3 benötigten ODER-Gatters 23 kann diese ODER-Verknüpfung
- 30 auch direkt durch eine Wired-OR-Verknüpfung realisiert werden. Eine für die Wired-OR-Verknüpfung geeignete Sternschnittstelle zeigt Fig. 6. Diese Sternschnittstelle nach der Fig. 6 ist bis auf die schaltungsmäßige Verknüpfung des Ausgangs des Verstärkers 17 identisch



mit der Sternschnittstelle der Fig. 2. In der Fig. 8 führt der Ausgang des Verstärkers 17 nicht auf die Leitung 18, sondern auf die Leitung 20 (Wired-OR). Damit ist der Ausgang des Verstärkers 17 mit dem invertierenden Eingang des UND-Gatters 15 verbunden. Der Verstärker 17 ist in der Fig. 2 als „Push-Pull“-Verstärker und in der Fig. 6 als „Open-Collector“- bzw. „Open-Drain“-Verstärker realisiert.

Durch diese Wired-OR-Verknüpfung verringert sich der Verdrahtungsaufwand und es entfällt das ODER-Gatter 23 in dem aktiven Sternknoten 9 und es ergibt sich eine einfache Erweiterbarkeit des Netzwerks mit weiteren Netzknoten durch Wegfall des ansonsten in verschiedenen Varianten vorzuhaltenden ODER-Gatters. Die Sternschnittstellen 24 bis 27 sind in diesem Fall mit ihrem jeweiligen Leitungen 19 und 20 verbunden, so dass sich dadurch, wie in Fig. 7 gezeigt, zwei Schaltungsknoten 47 und 48 bilden. Zusätzlich ist nur ein Widerstand 49 vorzusehen, der einerseits mit dem Schaltungsknoten 47 und andererseits mit einer Versorgungsspannung gekoppelt ist. Dieser Widerstand bildet zusammen mit den Verstärkern 17 jeder Sternschnittstelle die Wired-OR-Verknüpfung.

Um die Verfügbarkeit von Netzknoten in einem Netzwerk zu erhöhen, sind wie in Fig. 8 dargestellt, mehrere Leitungspaare und damit die zugeordnete Schaltungskomponente zur Erzeugung eines Pilotsignals (vgl. Fig. 4) verdoppelt. Das Netzwerk nach Fig. 8 enthält vier Netzknoten 50 bis 53 und einen Sternknoten 54. Die Netzknoten 50 und 51 sind über jeweils ein Leitungspaar 56 und 57 und die Netzknoten 52 und 53 über jeweils zwei Leitungspaare 58 bis 61 mit dem Sternknoten 54 gekoppelt. Das bedeutet, dass der Netzknoten 52 über das Leitungspaar 58 und 59 und der Netzknoten 53 über das Leitungspaar 60 und 61 mit dem Sternknoten 54 verbunden ist.

In Fig. 9 ist dargestellt, wie ein Pilotsignal in einem Netzknoten 52 und 53 erzeugt und über eines der Leitungspaare 64 oder 65 gesendet wird. Zur Erzeugung eines Pilotsignals dienen die Pilotsignalgeneratoren 66 und 67. Durch Zuführung eines Steuersignals auf den Leitungen 68 oder 69 von einem Steuerwerk 82 wird bestimmt, welcher Pilotsignal-generator (66 oder 67) ein Pilotsignal erzeugt. Der Pilotsignalgenerator 66 bzw. 67 liefert ein solches Pilotsignal zu einem zugehörigen Multiplexer 70 bzw. 71. Der Multiplexer 70

bzw. 71 erhält noch eine Nachricht oder Daten über eine Leitung 72 bzw. 73. Das Ausgangssignal des Multiplexers 70 bzw. 71 wird über einen schaltbaren Verstärker 74 bzw. 75 dem jeweiligen Leitungspaar 64 bzw. 65 zugeführt.

- 5 Von dem Sternknoten 54 stammende Daten werden über das Leitungspaar 64 bzw. 65 einem Verstärker 76 bzw. 77 zugeleitet. Der Verstärker 76 bzw. 77 liefert die Daten über eine Leitung 78 bzw. 79 zu weiteren Schaltungskomponenten des Netzknotens.

- 10 Mit dem Ausgang jedes Verstärkers 76 bzw. 77 ist ein Pilotsignaldetektor 80 bzw. 81 verbunden. Wenn von einem Pilotsignaldetektor 80 oder 81 ein Pilotsignal detektiert worden ist, wird dies einem Steuerwerk 82 (state machine) mitgeteilt. Dieses Steuerwerk 82 steuert die beiden schaltbaren Verstärker 74 und 75. Ferner steuert das Steuerwerk 82 die Pilotsignalgeneratoren 66 und 67 über die Leitungen 68 und 69. Von dem Netzknoten wird das schon oben erwähnte Startsignal auf einer Leitung 83 zum Steuerwerk 82 geführt, 15 welches daraus ein Steuersignal für die Pilotsignalgeneratoren 66 bzw. 67 bildet. Über eine Leitung 84 kann das Steuerwerk 82 dem Netzknoten beispielsweise Zustände melden.

- Die Schaltungselemente 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78 und 80 bilden eine erste Schaltungskomponente 85 und die Schaltungselemente 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79 und 81 eine zweite 20 Schaltungskomponente 86. Die Schaltungskomponenten 85 und 86 sind jeweils identisch aufgebaut.

- Dieses Steuerwerk 82 verwaltet die am Netzknoten angeschlossenen Leitungspaare 64 und 65 so, dass ständig die Funktionsfähigkeit der Leitungspaare 64 und 65 und der 25 Schaltungskomponente 85 und 86 überprüft wird.

- Während des Nachrichtenempfangs wird von dem Steuerwerk 82 geprüft, ob das Pilot-signal tatsächlich über beide Leitungspaare 64 und 65 eintrifft. Das Eintreffen eines Pilotsignals auf einem der beiden redundanten Leitungspaare signalisiert den Beginn eines 30 Nachrichtenempfangs. Das Steuerwerk 82 prüft während eines bestimmten Zeitabschnittes, ob nach Eintreffen des ersten Pilotsignals auf einem der Leitungspaare 64 bzw. 65 das Pilotsignal auf dem anderen Leitungspaar eingetroffen ist. Ist dies nicht der

Fall, kann davon ausgegangen werden, dass das andere Leitungspaar fehlerhaft ist.

Gesendet wird grundsätzlich nur auf einem der redundanten Leitungspaare. Um zu erreichen, dass auch bei Ausfall einer Schaltungskomponente 85 bzw. 86 die

- 5 Kommunikation aufrechterhalten bleiben kann, wird bei jedem Sendevorgang geprüft, ob tatsächlich das die Nachricht begleitende Pilotsignal ausgesendet wird. Der Aufbau des Sternknotens stellt sicher, dass über das für das Aussenden einer Nachricht gerade nicht verwendete Leitungspaar das Pilotsignal zum sendenden Netzknoten zurückgeführt wird. Auch hierbei prüft das Steuerwerk 82, ob innerhalb eines anderen bestimmten Zeitabschnittes nach Beginn der Aussendung der Nachricht das Pilotsignal auf dem anderen
- 10 Leitungspaar eintrifft.

- Die Kombination dieser beiden Prüfungen erlaubt es, einen Defekt der zur Zeit für die Aussendung von Nachrichten verwendete Schaltungskomponente 85 bzw. 86 sowie der
- 15 Leitungspaare 64 bzw. 65 zu erkennen und die intakte Schaltungskomponente mit dem zugeordneten intakten Leitungspaar von dem Steuerwerk 82 umzuschalten.

- Wenn kein Fehler vorliegt und damit das Steuerwerk 82 beide Leitungspaare 64 und 65 und die beiden Schaltungskomponenten 85 und 86 als funktionsfähig registriert hat,
- 20 werden die Schaltungskomponenten 85 und 86 beispielsweise abwechselnd zu der zugeordneten Sternschnittstelle senden. Im Fehlerfall sendet nur die als fehlerfrei registrierte Schaltungskomponente 85 oder 86.

PATENTANSPRÜCHE

1. Netzwerk mit mehreren Netzknoten  
dadurch gekennzeichnet,  
dass wenigstens ein Teil der Netzknoten über wenigstens einen Sternknoten direkt miteinander gekoppelt sind,
- 5 dass der Sternknoten mehrere Sternschnittstellen enthält, die wenigstens einem Netzknoten zugeordnet sind,  
dass eine Sternschnittstelle jeweils in Abhängigkeit von einem Pilotsignal zur Weiterleitung einer Nachricht von dem zugeordneten Netzknoten zu den anderen Sternschnittstellen oder von einer anderen Sternschnittstelle zu wenigstens einem der zugeordneten
- 10 Netzknoten vorgesehen ist,  
dass wenigstens einem Netzknoten mehr als eine Sternschnittstelle zugeordnet ist, von denen nur eine in Abhängigkeit vom Zustand des zugeordneten Netzknotens zum Weiterleiten von Nachrichten vorgesehen ist.
- 15 2. Netzwerk nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass jedem Netzknoten im Netzwerk eine bestimmter, periodisch sich wiederholender Zeitabschnitt zur Sendung seiner Nachrichten zugeordnet ist und  
dass ein Netzknoten einen Pilotsignalgenerator enthält, der entweder ein Pilotsignal
- 20 erzeugt, das den gesamten zugeordneten Zeitabschnitt oder den Anfang und das Ende des Zeitabschnitts angibt,
3. Netzwerk nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,
- 25 dass wenigstens ein Netzknoten wenigstens zwei Pilotsignalgeneratoren und zwei

Multiplexer zur Kombination des vom zugeordneten Pilotsignalgenerator erzeugten Pilotsignals mit einer Nachricht enthält und  
dass das Steuerwerk entscheidet, über welche Leitungsverbindung und über welche zugeordnete Sternschnittstelle die mit dem Pilotsignal kombinierte Nachricht gesendet  
5 wird.

4. Netzwerk nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Steuerwerk zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Sternschnittstellen, der  
10 Leitungsverbindungen und einer Schaltungskomponente im Netzknoten, welche die Nachricht mit dem Pilotsignal bildet und eine solchen Nachricht empfängt, vorgesehen ist, indem während des Nachrichtenempfangs das Steuerwerk durch Auswertung von Pilotsignaldetektoren das Vorhandensein des Pilotsignals auf den verschiedenen Leitungsverbindungen überprüft und während der Nachrichtenaussendung das  
15 Vorhandensein des Pilotsignals auf allen Leitungsverbindungen außer der Leitungsverbindung überprüft, welche die ausgesendete Nachricht überträgt.

## ZUSAMMENFASSUNG

Redundantes Netzwerk mit mehreren Netzknoten und wenigstens einem Sternknoten

Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit mehreren Netzknoten. Wenigstens ein Teil der Netzknoten sind über wenigstens einen Sternknoten direkt miteinander gekoppelt.

- 5 Der Sternknoten enthält mehrere Sternschnittstellen, die wenigstens einem Netzknoten zugeordnet sind. Eine Sternschnittstelle ist jeweils in Abhängigkeit von einem Pilotsignal zur Weiterleitung einer Nachricht von dem zugeordneten Netzknoten zu den anderen Sternschnittstellen oder von einer anderen Sternschnittstelle zu wenigstens einem der zugeordneten Netzknoten vorgesehen. Einem Netzknoten ist mehr als eine
- 10 Sternschnittstelle zugeordnet, von denen nur eine in Abhängigkeit vom Zustand des zugeordneten Netzknotens zum Weiterleiten von Nachrichten vorgesehen ist.

Fig. 8

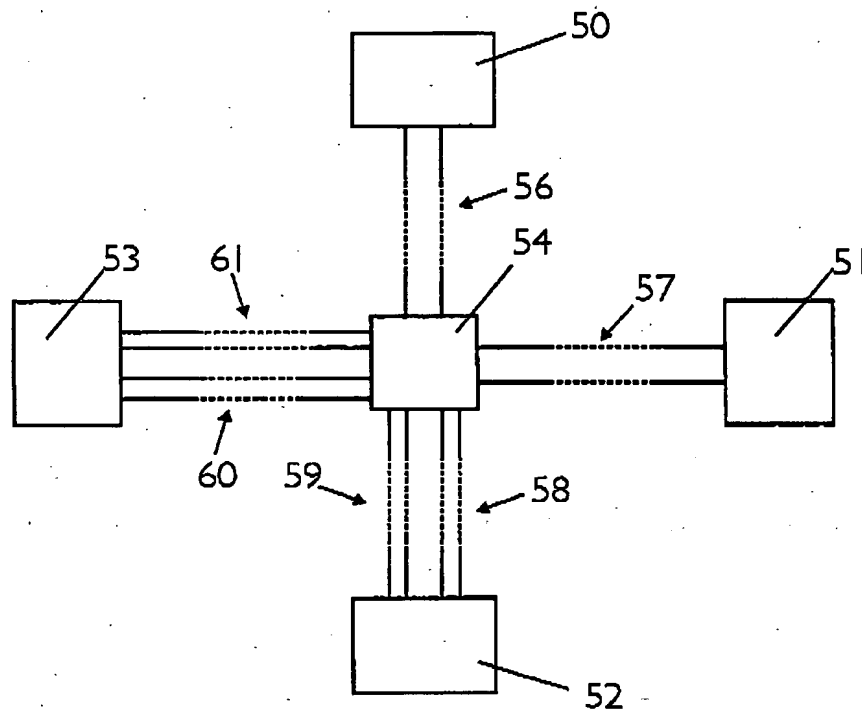


FIG. 8

PHD99-127

1/5

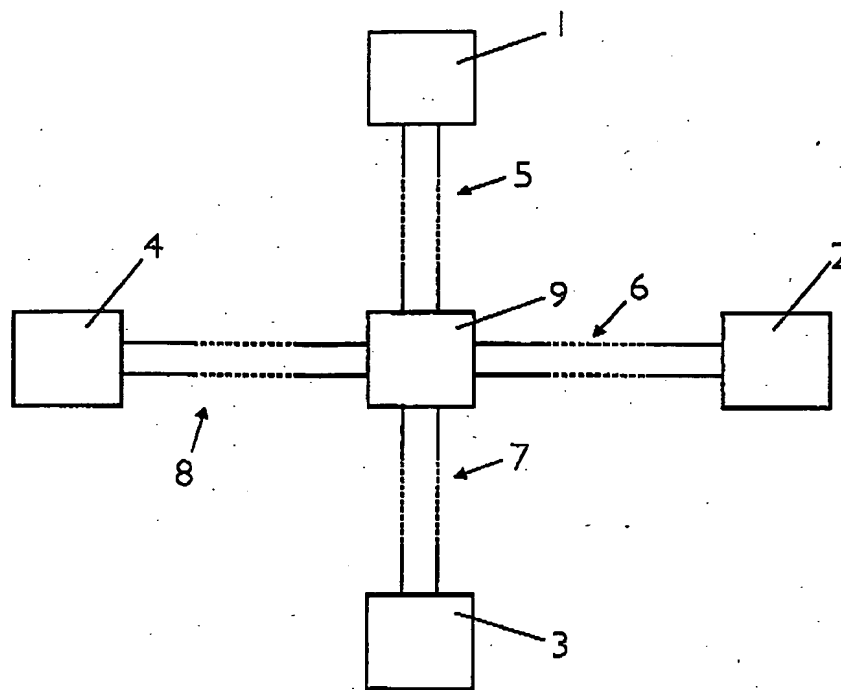


FIG. 1

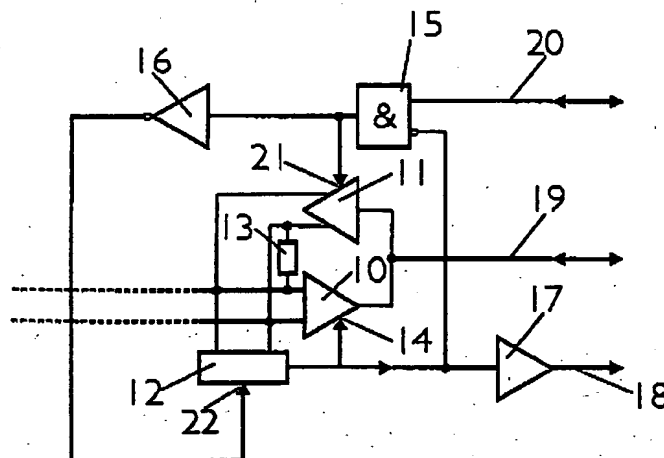


FIG. 2

I-V-PHD99-127



2/5

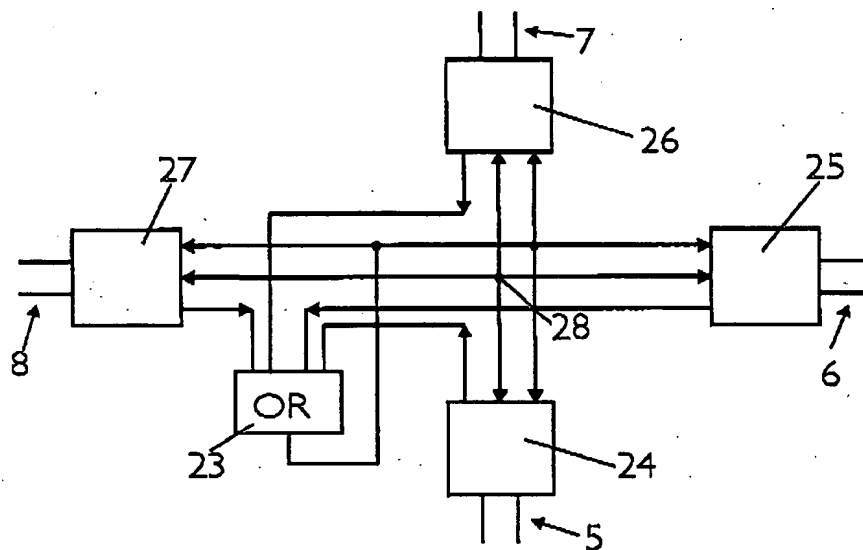


FIG. 3

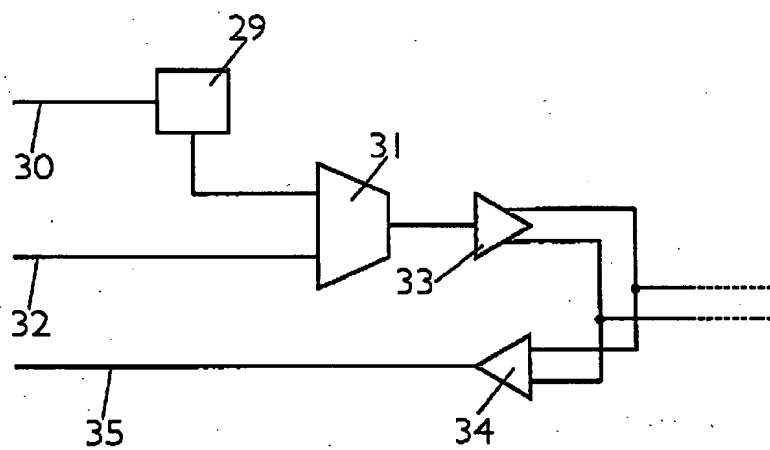


FIG. 4

2-V-PHD99-127

3/5

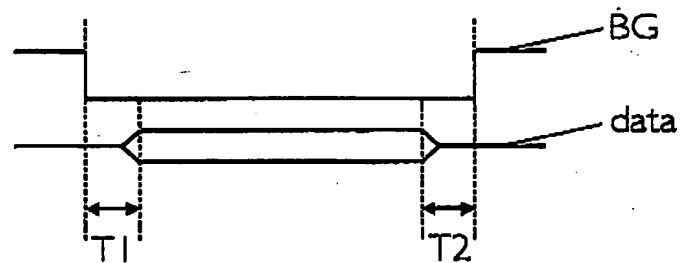


FIG. 5

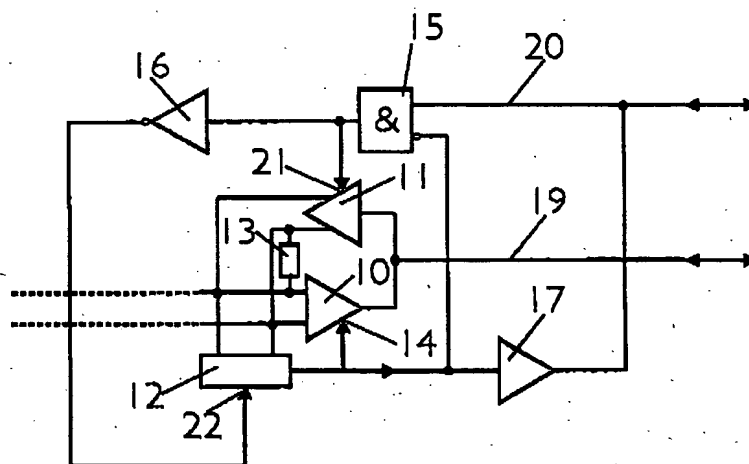
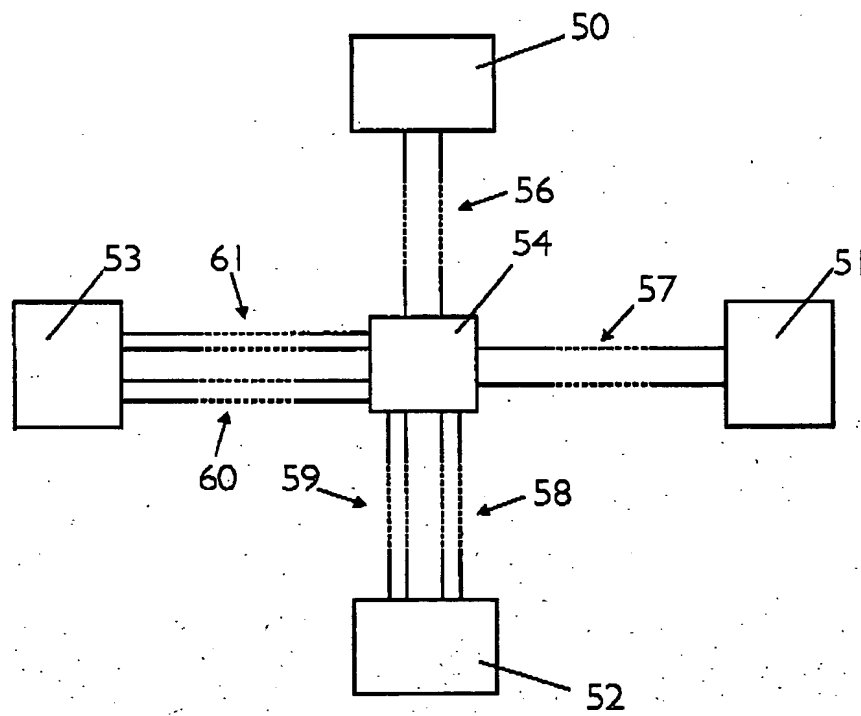
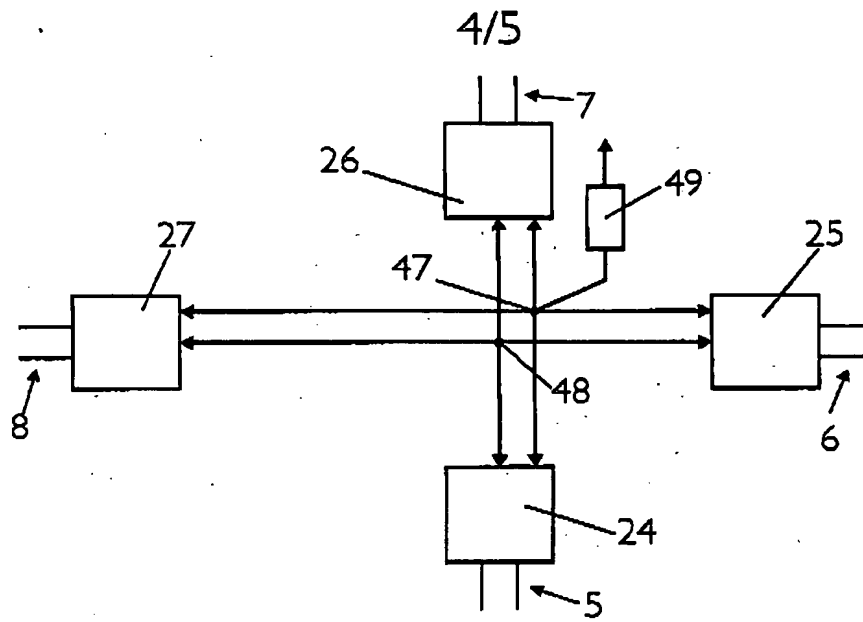


FIG. 6

3-V-PHD99-127



4-V-PHD99-127

21

5/5

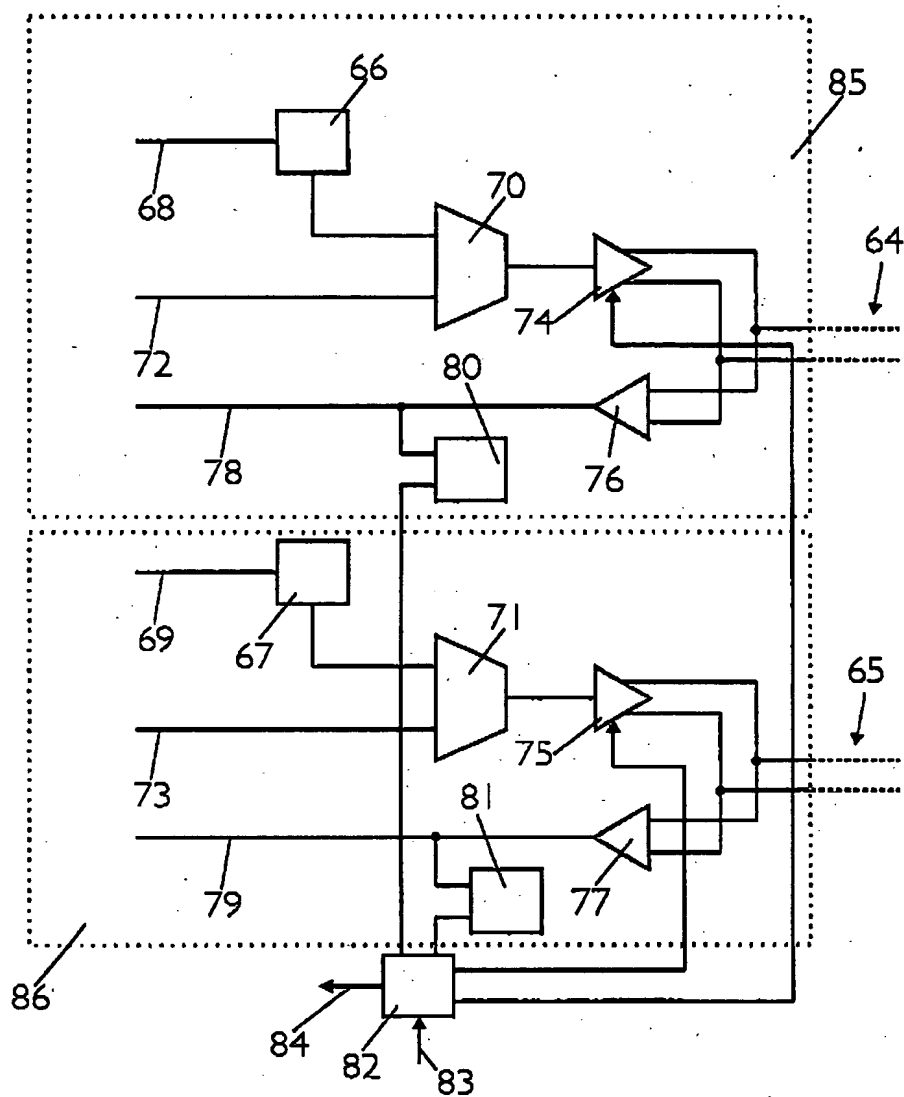


FIG. 9

5-V-PHD99-127